

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-229249

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月25日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-29290

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月13日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 杉浦 英雄

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 小笠原 松幸

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 溝原 学

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

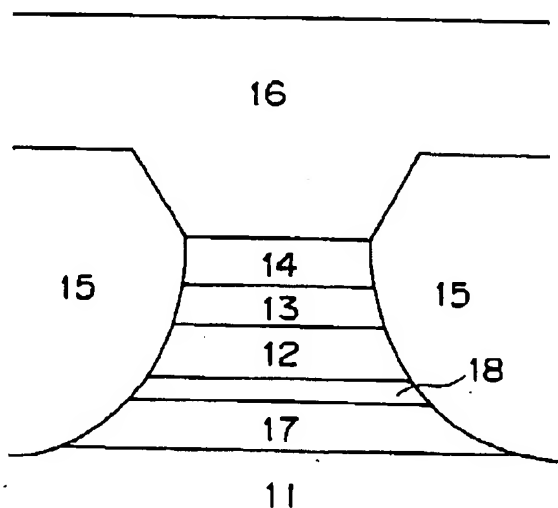
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体光素子

(57) 【要約】

【課題】 ハイブリッド成長法による性能劣化を克服した新規な半導体光素子の構造を提供することである。

【解決手段】 本発明にもとづく半導体光素子は、C B EまたはMBE法によって形成されるクラッド層のBeドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とするか、もしくはMOCVD法によって形成されるクラッド層のZnのドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする構造を有するものとする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層、および前記活性層上に積層され、かつBeが添加された第1の半導体層とを有するメサと、

前記メサを埋め込む半導体層と、

前記第1の半導体層の上に積層された第2の半導体層とを備えた半導体光素子において、

前記第1の半導体に添加された前記Beの濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする半導体光素子。

【請求項2】 活性層、および前記活性層上に積層され、かつBeが添加された第1の半導体層とを有するメサと、

前記メサを埋め込む半導体層と、

前記第1の半導体層の上に積層され、かつZnが添加された第2の半導体層とを備えた半導体光素子において、

前記第2の半導体に添加された前記Znの濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする半導体光素子。

【請求項3】 前記半導体光素子は、半導体レーザであることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信分野において半導体レーザ等として利用可能な半導体光素子に関する。

## 【0002】

【従来技術】従来から光通信に使用される半導体素子の材料は、一般にIII-V族半導体であるInGaAsPが用いられている。また、このような材料からなる半導体素子の作製方法として有機金属気相エピタキシ(MOCVD)法が適用され、すでに工場レベルでの生産技術となっている。しかし、MOCVD法はその実施過程において大量の有毒ガス(AsH<sub>3</sub>、PH<sub>3</sub>)を必要とする。そこで、このような有毒ガスの使用を少なくするか、もしくは使用を回避する方法がいくつか提案されている。そのような方法として、例えば真空有機金属分子線エピタキシ(CBE)法、分子線エピタキシ(MBE)法、およびガス・ソース分子線エピタキシ(GSMBE)法が挙げられる。これらの方法を用いて高品質のAlGaAs、InGaAsP薄膜が成長可能であることが多くの研究機関から報告されている。また、これらの薄膜は、上記MOCVD法で作製されたものと同等あるいはそれ以上に優れた純度やMQWの光学特性等を示す。さらに、上記半導体素子の応用についても検討されている。例えば、光素子(半導体光素子)としての利用について言えば、ブロード・レーザにおいて閾値電流密度 $0.5 \text{ kA/cm}^2$ が達成されている。しかし、上記CBE、GBE、あるいはGSMBE法では実用的な半

導体光素子に必要とされる埋め込み構造を作製可能とする技術段階には到達していない。一方、大量の有毒ガスを使用する上記MOCVD法は、平坦な基板上のみならず凹凸を有する基板への結晶成長や選択成長が可能であり、さらに埋め込み構造を形成することも可能である。

そこで、上記CBE、GBE、あるいはGSMBE法の長所と上記MOCVD法の長所とを組み合わせる利用することによって、従来の技術的課題を解決し、すぐれた特性を有する新規の半導体光素子を提供することが可能であろう。すなわち、上記CBE、GBE、あるいはGSMBE法でレーザ構造を作製し、続いて埋め込み構造作製の段階で上記MOCVD法を適用するハイブリッド成長法を採用して、半導体光素子を提供する。図4は、InGaAsP埋め込み構造が形成された半導体レーザの概略的構成を示す断面図である。この図を参照しながら、ハイブリッド成長方法による半導体光素子の製造方法を説明する。

【0003】まず、CBE法によるエピタキシャル結晶成長を行う。すなわち、n-InP基板1上にMQW活性層2、ノンドープInGaAsPガイド層3、およびp-InP層4を成長させて積層構造を得る。続いて、積層構造に対してフトリソグラフィ工程を施し、図に示すようなリッジ構造を得る。

【0004】つぎに、MOCVD法を適用する。すなわち、上記リッジ構造の側壁面に沿って電流ブロック層5を成長させる。つづいて、リッジ構造および電流ブロック層5を覆うようにしてp-InPのエピタキシャル結晶成長を施し、p-InP層6を得る。

【0005】ところで、上記CBE法により形成されるp-InP層中のBeの濃度および上記MOCVD法により形成されるp-InP層中のZnの濃度は、それぞれ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記ハイブリッド成長法で作製された埋め込み構造型半導体レーザの閾値電流密度は、CBE法によって結晶成長させた直後のブロード・レーザの閾値電流密度に比べて顕著な劣化が認められる。

【0007】従来、このようなハイブリッド成長法における性能劣化の原因は不明であった。また、上記ハイブリッド成長法で行われた全3回にわたるn-InP層の形成を、すべてMOCVD法で行った場合にも性能劣化が認められる場合がしばしばある。その場合の原因はZnが活性層中に拡散するためと考えられている。すなわち、Znが $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度になると拡散速度の速い格子間Znが形成され、電流ブロック層およびp-InPの再成長中に活性層の中にZnが拡散したものと解釈される。

【0008】ところで、Beは拡散しない安定なドーパントとして知られている。このため、CBE、MBE、

およびGSMBE法では一般にBeがドーパントとして用いられる。一方、MOCVD法では一般にドーピングのしやすさからZnが用いられている。最近、Beドーパ層とZnドーパ層とが隣接すると相互拡散が生じ、ZnによってBeの以上拡散が引き起こされることが明らかになっている。したがって、ハイブリッド成長法における性能劣化の原因は、このような相互拡散にある可能性が高い。

【0009】本発明の目的は、上記課題を解決し、ハイブリッド成長法による性能劣化を克服した新規な半導体光素子の構造を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】したがって、本発明は上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明にもとづく半導体光素子は、活性層、および前記活性層上に積層され、かつBeが添加された第1の半導体層とを有するメサと、該メサを埋め込む半導体層と、上記第1の半導体層の上に積層された第2の半導体層とを備えた半導体光素子において、第1の半導体に添加された前記Beの濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする。この半導体光素子は、好ましくは半導体レーザである。

【0011】また、請求項2に記載の発明にもとづく半導体素子は、活性層、および前記活性層上に積層され、かつBeが添加された第1の半導体層とを有するメサと、該メサを埋め込む半導体層と、上記第1の半導体層の上に積層され、かつZnが添加された第2の半導体層とを備えた半導体光素子において、第2の半導体に添加された前記Znの濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする。この半導体光素子は、好ましくは半導体レーザである。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明にもとづく半導体光素子は、CBEまたはMBE法によって形成されるクラッド層のBeドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とするか、もしくはMOCVD法によって形成されるクラッド層のZnのドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする構造を有するものとする。すなわち、Znのドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする場合は、迅速なZn拡散の原因となる格子間Znの量が減少する。その結果、CBEまたはMBE法によって形成されるクラッド層に容易にZnがトラップされるため、Znが活性層に拡散することがない。一方、Beのドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にすることにより、ZnはCBE法によって形成されたクラッド層内の空格子と結合して安定化するため、活性層の拡散が生じない。

【0013】したがって、ハイブリッド成長法を適用した際に問題となるレーザ特性の劣化を防ぐことが可能となる。

【0014】以下、本発明にもとづく半導体光素子の一

例を説明する。

【0015】＜実施形態例1＞図1は本発明にもとづく半導体光素子の一例である半導体レーザの概略的構成を説明するための断面図である。この図において、参照符号11はn-InP基板、12はMQW活性層、13はInGaAsPガイド層、14はp-InP層、15は電流ブロック層、および16はp-InP層である。さらに、この図ではn-InP基板11とMQW活性層12との間に、SnドーパInP層17とノンドープInGaAsPガイド層18とが設けられている。

【0016】つぎに、このような構成からなる半導体レーザの製造方法を説明する。

【0017】CBE法でn-InP基板11上にSnドーパInP層17を $5000 \text{ \AA}$ 成長し、その後 $1.1 \mu\text{m}$ 組成のノンドープInGaAsPガイド層18を $1000 \text{ \AA}$ 、さらにMQW12、 $1.1 \mu\text{m}$ 組成のノンドープInGaAsPガイド層13を $1000 \text{ \AA}$ 、BeドーパInPクラッド層14を $3000 \text{ \AA}$ 、最後にInGaAsPキャップ層の順に $520^\circ$ で成長した。MQWは厚さ $100 \text{ \AA}$ の $1.5 \mu\text{m}$ 組成InGaAsPウエル層と厚さ $150 \text{ \AA}$ の $1.1 \mu\text{m}$ 組成のInGaAsPバリア層からなる。周期数は6である。このサンプルをいったん空気中に取り出し、キャップ層を除去したのち、 $\text{SiO}_2$ 膜を表面に蒸着した。フォトリソ工程により、幅 $1.5 \mu\text{m}$ のパターンを形成し、反応性イオンエッチングにより、リッジ状に整形した。MOCVDでリッジ壁面に電流ブロック層15を形成したのち、 $\text{SiO}_2$ 膜を除去し、再びMOCVDで $620^\circ$ でZnドーパp-InP層16とZnドーパInGaAsコンタクト層を $3000 \text{ \AA}$ 成長した。

【0018】CBE成長p-InP層14のBeドーパ量を2水準変えたレーザを作製した。すなわちBeドーパ量を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ あるいは $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とし、MOCVD成長p-InP層16のZnドーパ量は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。キャビティ量は $300 \mu\text{m}$ 、両端面は劈開面(ase-cleave)である。Beドーパ量が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のレーザの閾値電流は $13 \text{ mA}$ であるのに対し、Beドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のレーザの閾値電流は $9 \text{ mA}$ に減少した。

【0019】図2はキャビティ長と外部量子効率の逆数との関係を示すグラフで、図中、○印は、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  Beドーパの場合のプロット、一方●印は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  Beドーパの場合のプロットを示すもので、それぞれのドーパ量での内部損失を検討した結果を表す。

【0020】図2は両者の内部損失を検討した結果である。縦軸は外部量子効率の逆数、横軸はキャビティ長である。この図からBeドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のレーザの傾きが小さいことがわかる。傾きから計算で求めた前者の内部損失は $15 \text{ cm}^{-1}$ であるのに対し、後者の内部損失は $10 \text{ cm}^{-1}$ に減少した。図3は、Beドーパ

5

量が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の半導体レーザのガイド層4中の質量分析(SIMS)結果である。ガイド層内にBeとZnが $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のオーダーで検出された。一方、Beドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のレーザでは検出限界程度の $10^{16} \text{ cm}^{-3}$ であった。このように、Be濃度を減らすことによってガイド層へのドーパントの拡散が抑制され、その結果、内部損失が減少し、閾値電流を低減できた。

【0021】＜実施形態例2＞実施例1と同様にCBE法でn-InP基板1にSnドーパInP層17を5000Å成長し、その後1.1μm組成のノンドープInGaAsPガイド層18を1000Å、さらにMQW12、1.1μm組成のノンドープInGaAsPガイド層13を1000Å、BeドーパInPクラッド層14を3000Å、最後に1.1μm組成のInGaAsPキャップ層の順に520度で成長した。MQWは厚さ100Åの1.5μm組成InGaAsPウエル層と厚さ150Åの1.1μm組成のInGaAsPバリア層からなる。周期数は6である。このサンプルをいったん空気中に取り出し、キャップ層を除去したのち、SiO<sub>2</sub>膜を表面に蒸着した。フォトリソ工程により、幅1.5μmのパターンを形成し、反応性イオンエッチングにより、リッジ状に整形した。MOCVDでリッジ壁面に電流ブロック層15を形成したのち、SiO<sub>2</sub>膜を除去し、再びMOCVDでZnドーパInPクラッド層16とZnドーパInGaAsコンタクト層を3000Å成長した。

【0022】MOCVD成長p-InPクラッドのZnドーパ量が異なるレーザを作製した。すなわちZnドーパ量を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ あるいは $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とし、CBE成長p-InPクラッド層のBeドーパ量は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。Znドーパ量が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のレーザの閾値電流は13mAであるのに対し、Znドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のレーザの閾値電流は8mAに減少した。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明にもとづく

6

半導体光素子は、CBEまたはMBE法によって形成されるクラッド層のBeドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とするか、もしくはMOCVD法によって形成されるクラッド層のZnのドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする構造を有するものとする。すなわち、Znのドーパ量が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とする場合は、迅速なZn拡散の原因となる格子間Znの量が減少する。その結果、CBEまたはMBE法によって形成されるクラッド層に容易にZnがトラップされるため、Znが活性層に拡散することがない。一方、Beのドーパ量を $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にすることにより、ZnはCBE法によって形成したクラッド層内の空格子と結合して安定化するため、活性層の拡散が生じない。

【0024】したがって、ハイブリッド成長法を適用した際に問題となるレーザ特性の劣化を防ぐことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にもとづく半導体光素子の一例である半導体レーザの概略的構成を説明するための断面図である。

【図2】本発明が適用される半導体レーザの特性に対するBeドーパ量の影響を説明するためのグラフで、横軸がキャビティ長、縦軸が外部量子効率の逆数である。

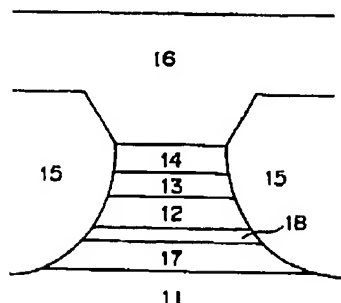
【図3】本発明にもとづく半導体光素子の一例である半導体レーザのInGaAsPガイド層へのドーパントの拡散を説明するためのグラフである。

【図4】従来の半導体光素子の一例の概略的構成を説明するための断面図である。

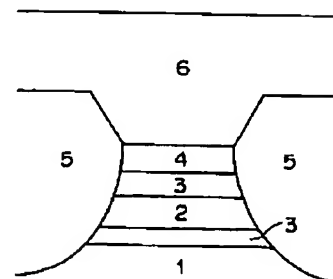
【符号の説明】

- 11 n-InP基板
- 12 MQW活性層
- 13 InGaAsPガイド層
- 14 p-InP層
- 15 電流ブロック層
- 16 p-InP層
- 17 SnドーパInP層
- 18 ノンドープInGaAsPガイド層

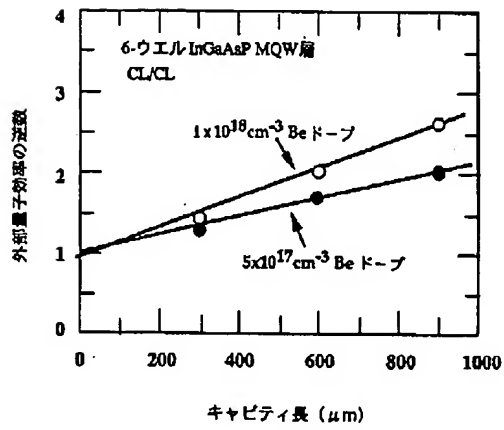
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

